Über die Atmung der Gerste während der Keimung, insbesondere ihre Abhängigkeit vom Gehalt an Eiweiß.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Von

Boris Abrahamsohn
(aus Rußland).

Tag der Promotion: 13. Juli 1910.

Referenten: Prof. Dr. S. Gabriel,
„ „ S. Schwendener.

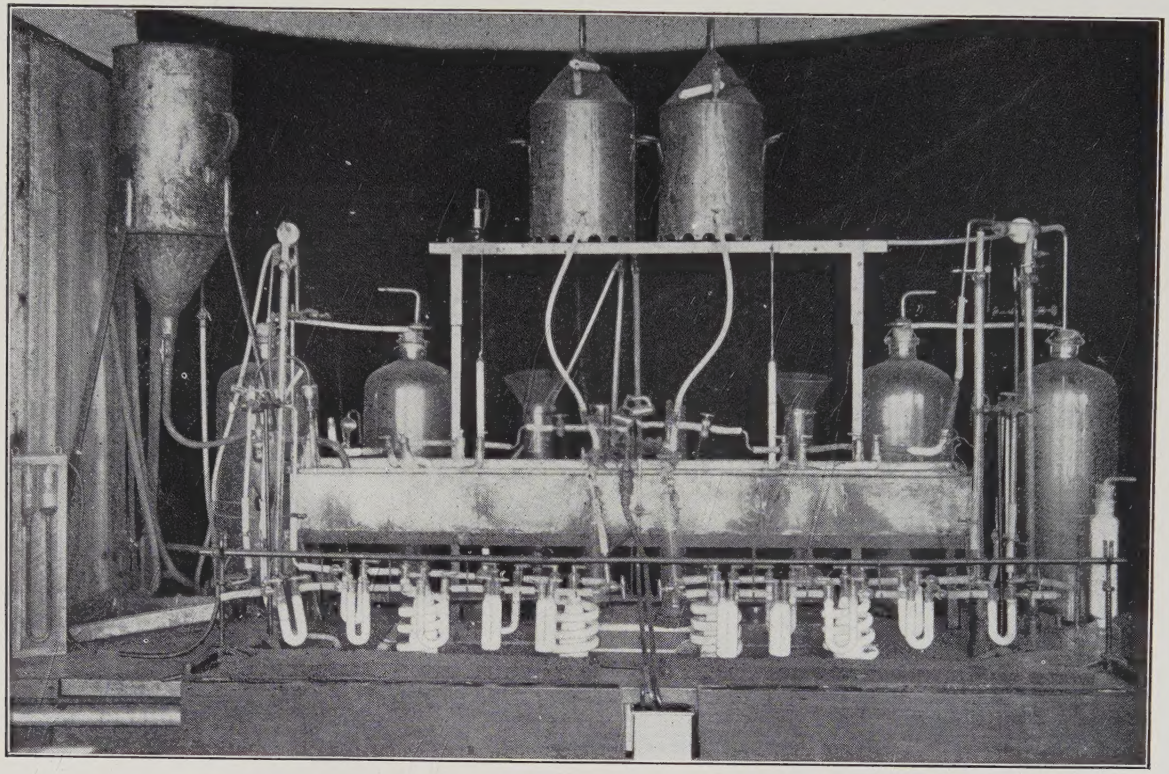
Berlin 1910.
Druck von Gebr. Unger in Berlin SW., Bernburger Str. 30.

Meinen lieben Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548904_0084

Bild 1. Atmungsversuche mit Gerste.



Gesamtansicht zweier Versuchsanstellungen.

Kein anderer physiologischer Vorgang ist enger mit dem Begriff des Lebens verknüpft als die Atmung. Es hat lange gedauert, bis man zu der Ueberzeugung kam, daß Pflanzen atmen müssen, um leben zu können, daß sie ganz wie Tiere, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben. Noch in den 40er Jahren, ja selbst noch in den 60er wagte es einer der bedeutendsten Männer, Liebig, die Existenz einer Pflanzenatmung in unserem modernen Sinne rundweg abzuleugnen. Erst spätere Untersuchungen auf diesem Gebiete, welche sich an die schon vor langer Zeit geäußerten Ansichten Saussure's[1]) und Berard's[2]) anschlossen, so die Arbeiten von Lechartier und Bellamy[3]), Pasteur[4]) und Borodin[5]) und vielen anderen Forschern gaben der oben ausgesprochenen Theorie, die bis zum heutigen Tage besteht, eine feste Basis.

Der anfänglich so einfach erscheinende Prozeß hat sich mit der Zeit immer mehr und mehr verwickelt, und noch bis zum heutigen Tage harrt er einer vollen Aufklärung. Darauf, daß die Vorgänge in den Pflanzen während der Atmung im höchsten Grade kompliziert sein müssen, weist der gegenwärtige Stand der rein chemischen Untersuchungen über den Verlauf der Oxydationsprozesse hin[6]). Der Physiologe hat bei seinen Untersuchungen stets die wichtigsten, von Chemikern bestimmten Tatsachen im Auge zu behalten.

Man unterscheidet zwei Gruppen von Oxydationserscheinungen, einmal die sogenannten Verbrennungen (mit Feuer) bei hohen und die gewöhnlichen Oxydationen bei niederen Temperaturen, welche langsam vor sich gehen und als langsame Oxydation oder Autoxydation bezeichnet werden. Zu den Vorgängen der Autoxydation gehören die der Pflanzenatmung. Man hielt die Atmung zunächst für eine einfache Verbrennung der Reservestoffe, welche dazu dienen sollte, die Lebensmaschine im Gange zu erhalten. Vor allen Dingen sollten es die Kohlenhydrate sein, welche zur Verbrennung gelangen, und diese nach der Gleichung

$$(C_6H_{10}O_5)\,x + (6\,O_2) = (6\,CO_2 + H_2O)\,x$$

erfolgt, so stand naturgemäß zu erwarten, daß für ein Volumen verbauchten Sauerstoffs ein Volumen Kohlensäure entwickelt werden müßte. Tatsächlich hat man auch bei verschiedenen Untersuchungen von stärkereichen Pflanzen das Verhältnis $CO_2 : O_2 = 1$ gefunden, allerdings mit Abweichungen bald nach der einen, bald nach der anderen Seite. Bei fettreichen Pflanzen erhielt man gewöhnlich ein kleineres Verhältnis. Andererseits ist bekannt, daß die Pflanzen auch nach der Sauerstoffentziehung fortfahren, Kohlensäure auszuscheiden. Daraus folgt, daß die unter diesen Bedingungen ausgeschiedene Kohlensäure von der Sauerstoffaufnahme unab-

1) Saussure, Recherches chimiques sur la vegetation. 1804.

2) Berard, Ana'es de chimie et de physique.

3) Lechartier et Bellamy, Compt. rend. 1869.

4) Pasteur, Compt. rend. 1872.

5) Borodin, Sur la respiration des plantes pendant la germination. 1875.

6) Literatur bei: C. Engler und J. Weißberg: Kritische Studien über die Vorgänge der Autoxydation. Braunschw. 1904. — Bodländer: Über langsame Verbrennung. Stuttgart 1899. — Manchot: Über Sauerstoffaktivierung. Würzburg 1908.

hängig wäre. Diese Tatsache diente Pfeffer[1]) zur Aufstellung einer neuen Theorie, nach welcher er die Atmung in zwei Vorgänge teilte: in einen primären und einen sekundären Vorgang. Als primäre Atmungsvorgänge bezeichnet er die von der Gegenwart des Sauerstoffs der Luft unabhängigen Spaltungsvorgänge, und als sekundäre die weitere Oxydation der Produkte dieser primären Vorgänge. Da nach der Sauerstoffentziehung die Ausscheidung der Kohlensäure gewöhnlich von Alkoholbildung begleitet ist, so wurde als primärer Atmungsvorgang die Alkoholgärung angenommen. Schematisch läßt sich der so aufgefaßte Atmungsprozeß durch folgende zwei Gleichungen darstellen.

1. primärer Vorgang: $C_6H_{12}O_5 = 2\,C_2H_6O + 2\,CO_2$
2. sekundärer Vorgang: $2\,C_2H_6O + 6\,O_2 = 4\,CO_2 + 6\,H_2O$

Aber nicht nur von der Atmung allein ist das Verhältnis $CO_2 : O_2$ abhängig, sondern, wie es experimentell nachgewiesen worden ist, von der Art der Nahrung, die eine bedeutende Rolle spielt. Ernährte man z. B. Pilze mit Weinsäure, so konnte das Verhältnis bis auf den Wert 3 steigen. Hieraus ergibt sich, daß nicht allein die Kohlenhydrate die Lebensenergie unterhalten können, sondern daß auch andere Stoffe hierzu befähigt sind. Eine natürliche Schlußfolgerung dieser Erfahrungstatsachen ist, daß auch die Eiweißstoffe der Pflanze für die Atmung von Bedeutung sein werden, und daß die Pflanze um so weniger Kohlenhydrate verarbeiten wird, je mehr Eiweiß vorhanden ist, indem dieses einen Teil der Atmungsenergie liefrt. Da jedoch bei gleicher Energielieferung (Wärmeabgabe) Eiweiß weniger CO_2 entwickelt, als die Kohlenhydrate, so müßten eigentlich eiweißreiche Früchte weniger CO_2 liefern als eiweißarme. Aber nicht nur in diesem Sinne wird das Eiweiß wirken, sondern es ist anzunehmen, daß es noch in einer anderen Weise die Atmung beeinflußt, und zwar verstärkt.

Bei allen Lebensvorgängen spielen nämlich die Enzyme eine hervorragende Rolle; sie haben die Aufgabe, die Vorgänge im Organismus zu beschleunigen bzw. erst zu ermöglichen, und zu diesen Vorgängen gehört insbesondere der fortlaufende Stoffwechsel, welcher mit der Kohlensäureabgabe schließt und als Atmung in Erscheinung tritt. Da nun die Enzyme, deren Zusammensetzung man noch nicht kennt, eiweißartiger Natur sind, aus Eiweißstoffen entstehen, so ist ohne weiteres einleuchtend, daß um so mehr Enzyme erzeugt werden können, je mehr Eiweiß vorhanden ist, und daß infolgedessen auch die Atmung mit der Eiweißerhöhung eine Beschleunigung erfahren wird.

Es handelt sich hier um eine Umwandlung der Nahrung in der Weise, daß sie zunächst einen Abbau in niedriger molekulare Verbindungen erfährt, von welchen ein Teil in geeigneter Weise wieder aufgebaut wird, sich organisiert, während ein anderer Teil, unter Freigabe von Wärme, die Lebensenergie liefert. Die Aufklärung des Rätsels der Atmung kann nur durch Untersuchungen der Umwandlungen nach beiden Richtungen erfolgen. An diese Untersuchungen kann man allerdings erst dann herantreten, wenn eine Reihe allgemeiner Vorfragen erledigt worden ist. Die vorliegende Arbeit soll nun zur Erklärung einiger solcher Vorfragen beitragen. Die Hauptaufgabe ist die Ermittelung einer Atmungskurve nach der Zeit für keimende Gerste, und zwar vom Beginne der Keimung an bis zu einem möglichst weit vorgeschrittenen Zustande der Keimung oder, was dasselbe ist, die Ermittelung der Atmungsintensitäten der Keimpflanze unter gleichen äußeren Bedingungen und bei verschiedener quantitativer Zusammensetzung des Materials in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge. Kurz, um eine Sachs'sche Ausdrcksweise zu benutzen, es soll „die große Periode der Atmung von Keimpflanzen" festgestellt werden.

1) W. Pfeffer: Untersuchungen aus d. botan. Inst. zu Tübingen 1881—1885.

Bei den oben erwähnten Umsetzungen, welche rein chemischer Natur sind, finden gleichzeitig beständig Wanderungen der gelösten Stoffe statt, welche stets von den Stellen der höheren Konzentration aus erfolgen. Bei einem großen Teile dieser Umsetzungen findet man nun jene merkwürdigen Bestandteile vor, welche bereits oben erwähnt wurden, nämlich die Enzyme.

Emil Fischer hat ihre Wirkung auf das Substrat, die Nährmittel, vergleichen mit der Wirkung des Schlüssels, der ein Schloß aufschließt. Wie zu jedem Schlosse ein Schlüssel von bestimmter Form nötig ist, kann jedes Substrat auch nur von einem Enzym bestimmter Art und Wirkung aufgeschlossen werden. Die Wirkung der Enzyme durch chemische Gleichungen auszudrücken, ist bisher nicht möglich, weil man ihre chemische Zusammensetzung noch nicht kennt. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß viele enzymatische Vorgänge genau so verlaufen, wie die Katalysen; denn Enzyme sind bekanntlich nichts weiter als hochmolekulare organische Katalysatoren.

Diese Auffassung stimmt auch mit der Anschauung von Traube, der die Bezeichnung Autoxydation eingeführt hat. Als autoxydiedierende Stoffe werden solche bezeichnet, die der Oxydation durch Luftsauerstoff unmittelbar fähig sind. Die Autoxydation wird durch Katalysatoren unterstützt. Eine solche Unterstützungsrolle kann man auch den Enzymen zusprechen. Da die Anwesenheit von Enzymen in Gerste bewiesen ist, so sind wir zu der Annahme berechtigt, daß auch Stärke und andere organisierte Körper das Enzym binden, durch welches sie genau dem Bilde von Emil Fischer entsprechend aufgeschlossen werden, so daß nun die eigentliche Umsetzung vor sich geht und das Enzym wieder frei wird, welches seinerseits mit anderen Teilen des Substrats eine Verbindung eingeht usw.

Der Abbau kann naturgemäß auch stufenweise erfolgen unter Mitwirkung mehrerer Enzyme. Die gleichen Ueberlegungen gelten vermutlich auch für die Aufbauprozesse.

Von den vorstehend gekennzeichneten Gesichtspunkten aus, besitzt die Atmungsfrage einen wissenschaftlichen Wert. Aber auch für die Praxis, besonders für das Brauereigewerbe, ist diese Angelegenheit von besonderer Bedeutung.

Man hatte hier schon seit längerer Zeit die Beobachtung gemacht, daß die Gersten sich verschieden verhalten; einzelne Gerstensorten wachsen auf der Tenne rasch, und die Keimlinge werden lang, aber unregelmäßig. Ferner wurde festgestellt, daß diese Gersten sich im keimenden Haufen besonders stark erwärmen, ein Vorgang, der von M. Delbrück als „Hitzigkeit" bezeichnet worden ist. Bei der analytischen Untersuchung hat sich dann ergeben, daß solche hitzigen Gersten einen höheren Eiweißgehalt besitzen als die nicht hitzigen. Aber die quantitative Analyse allein gab noch nicht die nötige Aufklärung dieser Tatsache, und man stellte eine Theorie auf, nach der die Tendenz der Veränderung zu betrachten ist als die Folge eines hohen Bestandes an Enzymen oder von Kräften, die im Laufe der Veränderungen die zymatische oder diastatische oder peptatische Kraft stark zu vermehren vermögen. An Wahrscheinlichkeit gewann diese Auffassung, als man in der Tat beobachten konnte, daß solche Rohstoffe, welche einen höheren Eiweißgehalt haben als andere, eine stärkere Neigung zu Veränderungen zeigten. Die ältesten Beobachtungen nach dieser Richtung liegen bei Gerste vor, welche zu Malz verarbeitet wird, indem schon vor langer Zeit im Märkerschen Laboratorium, später im Institut für Gärungsgewerbe von M. Hayduck nachgewiesen werden konnte, daß die eiweißreichere Gerste diejenige ist, welche den höheren Diastasegehalt hervorbringt und wahrscheinlich auch einen größeren Gehalt an proteolytischen Enzymen oder an Peptase, wie man die proteolytischen Enzyme der Einfachheit halber zu nennen pflegt. Da man, wie schon gesagt, die Eiweißstoffe als Unterlage der Enzyme ansehen darf, so war hier ein idealer oder auch wirklicher Zusammenhang gegeben.

Das erwähnte Verhalten der Gerste — die

Hitzigkeit, bei der außer der Temperaturerhöhung als Begleiterscheinung ein stärkerer Stoffverbauch hervortritt — ist für den späteren Brauprozeß unvorteilhaft, weil die Eigenschaften des Bieres darunter leiden; und dieser Grund war der erste, welcher die Bevorzugung von eiweißarmen Gersten veranlaßte.

Im Laufe der Zeit, besonders, seitdem Haase, Breslau, für diese Angelegenheit eintrat, lernte man einsehen, daß jedes überflüssige Prozent Eiweiß als Ballast zu betrachten ist, da die Ausbeute an Bier von 1 kg Gerste, sonst gleiche Bedingungen vorausgesetzt, entsprechend geringer wird. Ferner hatet man die Beobachtung gemacht, daß eiweißreiche Gersten einen besonders hohen Schwand lieferten, d. h. der Prozentsatz an Malztrockensubstanz war bei eiweißreichen Gersten geringer als bei eiweißarmen. Otto Neumann hat diesen Befund aus der Praxis bei vielen Laboratoriumsversuchen im kleinen bestätigen können.

Wie früher erwähnt, nimmt man an, daß die Bildung der Atmungsenzyme bei der Keimung der Gerste um so reichlicher stattfindet, je mehr Eiweiß vorhanden ist. Die Enzyme wiederum bauen die Reservestoffe der Gerste bei reichlicher Wassergegenwart in der Weise ab, daß leicht zersetzliche Körper entstehen, welche von dem Sauerstoff der Luft in Kohlensäure und Wasser verbrannt werden.

Ist die aufgestellte Annahme richtig, dann muß, auch bei wissenschaftlich durchgeführten Untersuchungen, die eiweißreiche Gerste, unter sonst gleichen Bedingungen, mehr Kohlensäure entwickeln als die eiweißarme. Die Entscheidung dieser Frage ist der erste und wichtigste Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Der zweite Gegenstand bezieht sich auf ein anderes Bewertungsmerkmal der Gerste. Beim Einkauf wurde diese früher, abgesehen von Geruch und Farbe, im wesentlichen nach dem sog. Volumengewicht bewertet. Je mehr ein Hektoliter wog, desto höher wurde sie eingeschätzt. Im Laufe der Zeit machte man aber die Erfahrung, daß diese Bewertungsmethode geradezu irreführte, da z. B. in solchen Fällen die eiweißreichen Gersten bevorzugt wurden, weil sie im allgemeinen infolge der glasigen Beschaffenheit des Korninnern ein höheres spezifisches Gewicht aufweisen, während das Brauereigewerbe eiweißarme Gersten verarbeiten soll. Es galt daher an Stelle der ungenügenden Methode der Volumengewichtsbestimmung ein anderes Bewertungsmerkmal zu finden, und ein solches ergab sich im Tausendkorngewicht. Nach dem Vorgange von Haase legt man heute in der Brauereipraxis immer mehr Wert auf großes Korn, weil dann nicht nur der Spelzenanteil, sondern auch der Eiweißgehalt verhältnismäßig gering ist.

Man fand als bestimmend für den Extraktgehalt des Malzes nicht nur den Eiweißgehalt, sondern auch die Korngröße (Schwere des Kornes) der verarbeiteten Gerste. Bei gleichem Eiweißgehalt verschiedener Gersten geben die volleren, schwereren Körner durch ihren verringerten Spelzeninhalt auch einen höheren Extraktgehalt des daraus gewonnenen Malzes. Natürlich besitzt der Eiweißgehalt der Gerste nur in negativer Richtung Einfluß auf die Extraktmenge im Malz; ausschlaggebend ist der Stärkeanteil der Gerste. Das Eiweiß sitzt zum größten Teil in der Schale, welche den Stärkekörper umgibt. Je größer nun das Korn, desto kleiner ist im Verhältnis zum ganzen Korn oder zum Mehlkörper der Schaleninhalt, wenn gleiche Schalendicke vorausgesetzt wird. Hieraus folgt, wie wichtig es ist, ein möglichst dünnschaliges und großes Korn zu wählen. Hierzu kommt nun noch der Umstand, daß 1 kg Gerste um so mehr Körner, also auch um so mehr Keimlinge enthält, je kleiner die Körner sind. Da das Gewicht der Keimlinge im geringeren Maße abnimmt, als das Korngewicht, so verringert sich auch hier die Ausbeute um so mehr, je kleiner das Korn ist. Aus diesen Erörterungen folgt, daß die Bevorzugung der großen und schweren Gerste sehr gerechtfertigt ist. Damit ist diese Angelegenheit für die Praxis aber noch nicht erledigt, sondern es handelt

sich ferner darum, welches Korn stärker atmet, das große oder das kleine, gleichen Eiweißgehalt vorausgesetzt. Die Praxis wird unter sonst gleichen Bedingungen dasjenige Korn bevorzugen, welches weniger atmet. Von vornherein ist man geneigt, zu vermuten, daß bei gleichem Eiweißgehalt um so stärkere Atmung erfolgen wird, je kleiner das Korn ist, denn dieses hat pro Gewichtseinheit die größere Oberfläche, also eine größere Angriffsfläche für den Luftsauerstoff. Andererseits ist die Möglichkeit vorhanden, daß der innere Bau der großkörnigen Gerste einer Beschleunigung des Stoffwechsels günstig ist, in welchem Falle sie stärker atmen könnte. Es handelt sich hier also um die wissenschaftlich experimentelle Entscheidung der Frage: Atmet die großkörnige oder die kleinkörnige Gerste bei gleichem Eiweißgehalt stärker. Die Entscheidung dieser Frage bildet die zweite Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

Soweit die theoretischen Betrachtungen. — Man könnte nun zur Anstellung der Experimente schreiten; es hatte sich aber herausgestellt, daß man noch einem sehr wichtigen Umstande Rechnung tragen mußte. Das war die Frage der Sterilisierung der Gerste. Aus der entsprechenden Literatur ersieht man, daß von verschiedenen Forschern festgestellt worden ist, daß ein Teil der CO_2-Entwicklung auf Mikrobentätigkeit zurückzuführen ist.

Wollte man diesen Umstand vernachlässigen, so würde ein Versuchsfehler entstehen, von dessen Größe man keine Vorstellung haben kann, da er von der Menge und Art der Mikroben abhängig ist. Als relativen Fehler könnte man ihn auch nicht außer acht lassen, da Menge und Art der Mikroben beständig wechseln.

Während verschiedene Körnerfrüchte, z. B. Weizen oder Erbsen, sich leicht durch oberflächliche Behandlung mit Sublimatlösung keimfrei machen lassen, ist dieses bei der Gerste keineswegs der Fall. Die Ursache liegt darin, daß die Gerste keine sog. nackte Frucht, sondern mit der Spelze verwachsen ist. Hierdurch entstehen zwischen der Spelze und dem eigentlichen Korn kapillare Winkel und Spalten, in welche die sterilisierende Flüssigkeit nicht hineingelangen kann. Aus diesem Grunde waren die Versuche, Gerste völlig zu sterilisieren, bisher stets auf Schwierigkeiten gestoßen: entweder wurde die Gerste steril, dann hatte die Keimfähigkeit gelitten, oder diese Eigenschaft blieb erhalten und dann war sie nicht steril. Am meisten Erfolg hatte bisher Windisch, der die Gerste vor der Weiche längere Zeit in absoluter alkoholischer Sublimatlösung verweilen ließ; es wurde aber gefunden, daß auch in diesem Falle, besonders bei der Verwendung größerer Mengen, hin und wieder einige Körner nicht steril wurden, welche dann natürlich im Laufe der Zeit die ganze zum Versuch angestellte Gerstenmenge infizierten.

Um nun die sterilisierende Flüssigkeit zu zwingen, auch in die kapillaren Räume einzutreten, wurde mit Erfolg eine hohe Luftverdünnung angewendet, und durch dieses Mittel erhielt man mit Sicherheit völlig steriles Material.

Hierbei wurde noch ein anderer Erfolg erzielt. Ist das Korn in irgend einer Weise, z. B. durch den Drusch verletzt, so gelangt die alkoholische Sublimatlösung in das Innere und die Keimfähigkeit wird nicht nur geschädigt, sondern vollständig vernichtet. Da nun das auf solche Weise seiner Keimfähigkeit beraubte Getreide fast gar keine Kohlensäure entwickelt, wie im Laufe der vorliegenden Untersuchung festgestellt werden konnte, so erhielt man nur die Atmung der gesunden Körner, während sonst die angeschlagenen und kranken Körner überwiegt werden, übermäßig atmen und das Ergebnis unzuverlässig machen. Nach Beendigung des Versuches kann man das Gewicht der ungekeimten Körner von dem Gesamtgewicht abziehen und so sehr zuverlässige Zahlen erreichen.

Es muß besonders betont werden, daß beim Gebrauch der sterilisierenden Flüssigkeit nur absoluter Alkohol zur Verwendung kommen darf, da sonst bei Anwesenheit größerer Mengen von Wasser dieses zu gleicher Zeit

mit dem gelösten Sublimat in das Korn hineingelangt, welches dann vergiftet und abgetötet wird.

Um zu beweisen, daß tatsächlich die sterilisierende Flüssigkeit beim Evakuieren in die kapillaren Räume eintritt, wurden Keimversuche auf Trichtern angestellt. Aus untenstehender Tabelle I ersieht man, wie ungleich sich die Gerste verhält bei Einwirkung von verschiedenen chemischen Agentien, bei gewöhnlicher Behandlung mit denselben und bei Evakuierung. Bei der letzten tritt wieder ein Unterschied ein, der davon abhängig ist, ob man die Gerste sofort, oder ob man sie nach vorherigem Evakuieren mit alkoholischer Sublimatlösung behandelt hat.

Keimversuche.

Tabelle I.

		Tage	Gesättigtes				Bemerkungen
			Wasser pCt.	Kalkwasser pCt.	Thymolwasser pCt.	Kalk- und Thymolwasser pCt.	
Gewöhnliche Gerste			99	99	99	99	
Gerste mit alkoholischer Sublimatlösung 1:1000 behandelt und vorher	nicht evakuiert	1	99	99	70	—	Die Gerste wurde nach dem Abgießen des Alkohols in einem beständigen Wasserstrom gewaschen und auf den Keimtrichtern alle 3 Weichen mit der betreffenden Lösung durchgeführt.
		8	99	99	20	—	
		30	99	99	—	—	
		60	80	75	—	—	
	evakuiert	1	99	99	—	—	
		8	90	90	—	—	
		30	90	70	—	—	
		60	70	45	—	—	

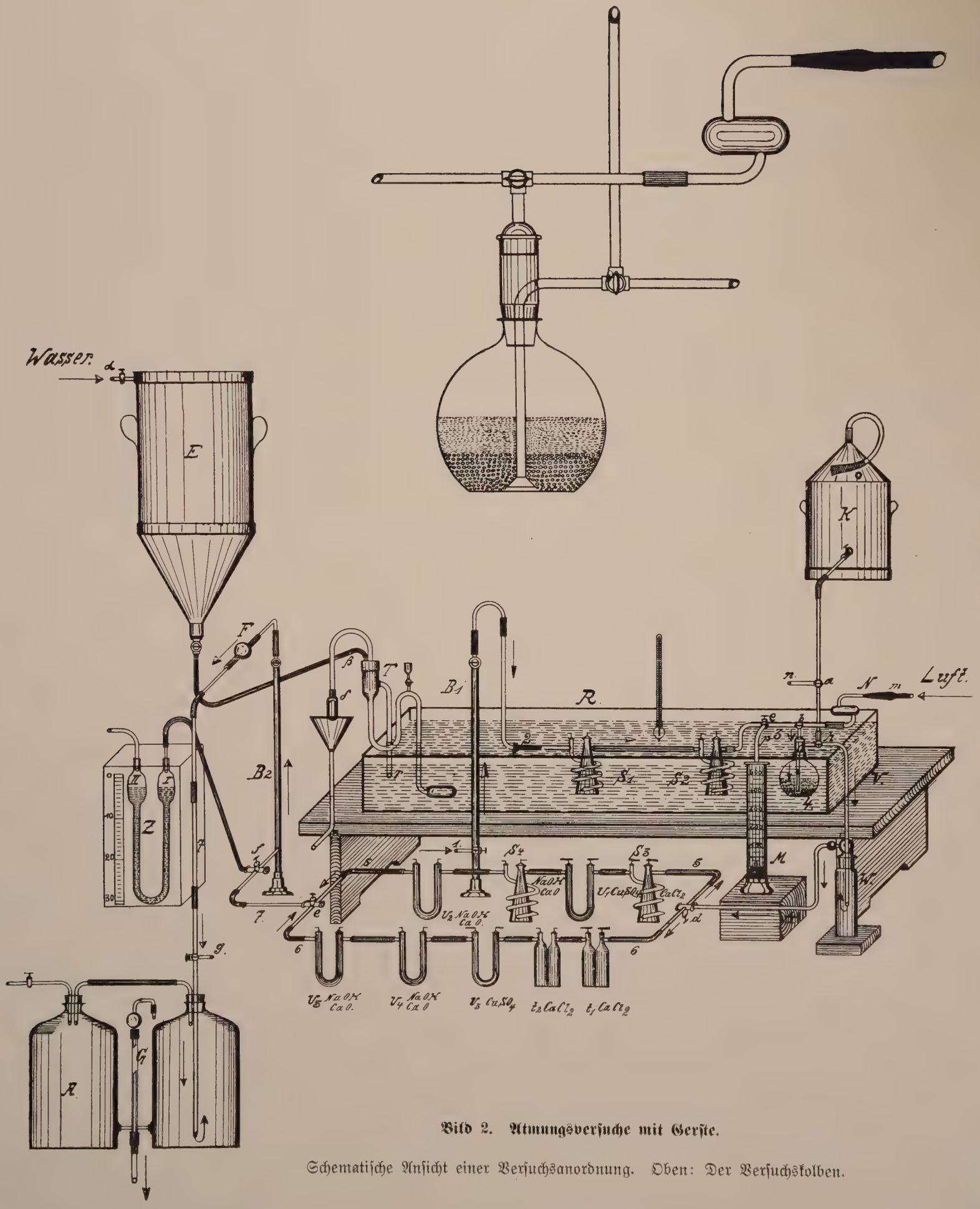


Bild 2. Atmungsversuche mit Gerste.

Schematische Ansicht einer Versuchsanordnung. Oben: Der Versuchskolben.

Experimenteller Teil.

Beschreibung des Apparates.

Der in der Zeichnung abgebildete Apparat besteht aus einem geräumigen Wasserbad R, das durch die Vermittelung des Thermoregulators T mit einem Eisbehälter E verbunden ist. Bei α fließt das Leitungswasser in E ein und tritt bei β als Eiswasser in den Thermoregulator. Aus dem letzteren kann das Wasser bei γ in das Wasserbad und bei δ in das Ableitungsrohr fließen. Der für niedrige Temperaturen eingerichtete Thermoregulator ist in den kommunizierenden Schenkeln mit Quecksilber und im unteren breiten Teil des Rohres mit Aether gefüllt. Wird die Temperatur im Wasserbad höher als die gewünschte, so wird infolge der Ausdehnung der Ätherdämpfe das Hg in das Ableitungsrohr gedrückt; das zufließende Wasser muß also bei γ in das Wasserbad abfließen und dadurch das dort vorhandene Wasser abkühlen. Ist die betreffende Temperatur erreicht, bzw. tiefer geworden, so tritt ein umgekehrter Vorgang ein und das Wasser wird bei δ wieder abgehebert. Auf diese Weise gelingt es sehr bequem, die gewünschte Temperatur konstant zu erhalten.

Die durch den Aspirator A gesaugte Luft tritt bei 1 in eine 100 ccm Bürette B ein. Bei 2 wird sie durch einen 15 cm langen Wattebausch sterilisiert, worauf sie in der Absorptionsschlange S_1, die mit $CaCl_2$ und Natronkalk gefüllt ist, von H_2O und CO_2 befreit wird. Auf dem weiteren Wege passiert die Luft bei S_2 ein mit Wasser getränkten Bimsteinstücken gefülltes Gefäß, wodurch ihr eine genügende Menge Feuchtigkeit zugeführt wird, und tritt endlich bei 3 in den eigentlichen Versuchskolben ein. Bei 4 tritt die Luft aus dem Kolben wieder heraus und reißt die vorhandene CO_2 und das H_2O mit. Sie geht ferner durch die Waschflasche W, wo sie von der Hauptmenge des mitgerissenen Wassers befreit wird, in die Absorptionsgefäße hinein. Bei d durch Vermittlung eines Dopelhahns, kann der Luftstrom den Weg 5 oder 6 einschlagen. Der erste wird benutzt, um CO_2 während 24 Stunden zu bestimmen, hat also entsprechend große Absorptionsgefäße; der zweite ist für Stundenbeobachtungen bestimmt. Auf dem Wege 5 passiert die Luft die Absorptionsgefäße S_2 mit $CaCl_2$, das U_1-Rohr, welches mit wasserfreiem $CuSO_4$ gefüllt ist (dieses dient nur als Kontrolle des absorbierten Wassers, weil bei geringen Spuren von H_2O - $CuSO_4$ sich blau färbt), dann S_4, Natronkalk und U_2, gleichfalls Natronkalk enthaltend, (wiederum als Kontrolle). Auf dem Wege 6 passiert der Luftstrom entsprechend dieselben Gefäße: —t_1 und t_2 mit $CaCl_2$, U_3 mit $CuSO_4$, U_4 und U_5 mit Natronkalk — bloß kleiner, damit der Wägungsfehler bei den kleinen Mengen der absorbierten CO_2 zu vernachlässigen ist. Bei e (Dreiweghahn) kommt die Luft wieder in den gemeinsamen Weg 7 hinein, passiert eine 100 ccm Bürette B_2 ein mit $CaCl_2$ gefülltes kugelförmiges Rohr F, aus welchem sie direkt in den Aspirator hineintritt. Die handliche und beliebige Umstellung des Luftstromes bei d und e ermöglichen erstens das permanente Nachsaugen der Luft und zweitens eine quantitative Messung der gesamten Entwicklung, da keine Verluste während der ganzen Dauer des Versuches entstehen können.

Die Büretten B_1 und B_2 dienen zur Bestimmung des Sauerstoffs der Luft, und zwar vor und nach der Einwirkung auf das Untersuchungsmaterial.

Der Doppelweg-Hahn g dient dazu, den Aspirator mit H_2O zu füllen, ohne daß es nötig ist, die Leitungen auseinanderzunehmen. Das aus dem Aspirator ausfließende Wasser wird in einem Meßzylinder, der sich unter dem Rohr g befindet, aufgefangen und auf diese Weise zu beliebiger Zeit die nachgesaugte Menge Luft ermittelt.

Um den Wasserauslauf aus dem Aspirator A und dadurch die nachgesaugte Luftmenge genau und bequem regulieren zu können, wie auch dieselbe unabhängig von der Niveauhöhe des Wassers in den Flaschen zu halten, hat sich neben der Mariotte'schen Einrichtung die

folgende von J. Hoffmann[1]) stammende Vorrichtung g verwenden lassen. Sie besteht aus einer Bürette, die man mit Hilfe eines Gummistopfens in das Ausflußgefäß einsetzt. In dieser Bürette befindet sich eine Kapillarröhre. Je höher man diese Kapillare hineinschiebt, desto geringer wird der Druckunterschied, desto weniger Wasser läuft aus. Zieht man die Kapillare weiter heraus, so fließt mehr Wasser aus. Auf diese Weise läßt sich die gewünschte Luftgeschwindigkeit durch Verschiebung der Kapillarröhre, welche übrigens auch von verschiedener Weite gewählt werden kann, genau einstellen. In dem oberen Teil dieser Vorrichtung befindet sich eine leere Glaskugel, die mit Wasser gefüllt wird und zur Aufnahme der Luftbläschen des Wassers dient, die sonst durch Anhäufung an irgend einer anderen Stelle eine Störung des ganzen Systems hervorrufen könnten.

Der eigentliche Versuchskolben V besteht aus einem Stehkolben von etwa $^3/_4$ l Inhalt mit einem kurzen und breiten Hals. Derselbe trägt einen eingeschliffenen Einsatz mit einem Rohr, welches etwa 3—5 mm vom Boden des Kolbens trichterförmig mündet und am anderen Ende einen Dreiweghahn h besitzt. In den Einsatz ist ein hohler Stöpsel mit durchlöchertem Boden eingeschliffen, dessen Griff der Dreiweghahn b bildet. Der letztere ist einerseits mit dem Dreiweghahn c und dem Gefäß S_2 verbunden, andererseits trägt er einen Ansatz N, der bei m mit einem 15 cm langen Wattebausch versehen ist und mit einer Luftdruckpumpe in Verbindung steht. Der Hahn des Kolbens h ist durch Vermittelung des Dreiweghahnes a mit einem Karlsbergkolben K verbunden, einem kupfernen Kessel, in welchem sich steriles Wasser befindet und dessen freies Rohr o mit einem 15 cm langen Wattebausch versehen ist. Bei der Dreiweghähnen a und c ist je eine Leitung n und p in den Meßzylinder M abgeführt.

Z ist ein Seger'sches Mikromanometer und dient zur Messung des im ganzen Apparate herrschenden Widerstandes. Er ist durch Vermittlung eines Doppelweghahnes f bei 7 mit dem Apparat verbunden. Die Teilungen an der Skala des Seger'schen Apparates sind so gewählt, daß 10 Teilungen desselben einem Millimeter Wassersäule entsprechen. Die Messung des Widerstandes geschieht in der folgenden Weise. Das eine Ende der kommunizierenden Röhre (I) wird mit einem Schlauchstück mit dem Hahn f verbunden, das andere Rohr (II) steht offen unter dem im Raume herrschenden Druck. Wenn nun die Luft durchgesaugt wird, entsteht im Rohr I eine gewisse Luftverdünnung, das sich in der Stellung der Flüssigkeiten bemerkbar macht und auf der Skala abgelesen werden kann.

Arbeitsmethodik.

Entsprechend den im theoretischen Teil besprochenen Betrachtungen wurden vier Gersten, welche für die entscheidenden Versuche dienten, auserwählt, die ihrer quantitativen Zusammensetzung nach folgenden zwei Forderungen genügten: Erstens zwei Gersten von gleichem Eiweißgehalt und verschiedenem Tausendkorngewicht und zweitens umgekehrt, zwei Gersten von gleichem Tausendkorngewicht und verschiedenem Eiweißgehalt. Es wurde auch dafür gesorgt, daß die Gersten von derselben Provenienz und auch gleicher Qualität waren.

Die quantitativen Analysen wurden nach bekannten Methoden ausgeführt, und zwar der Eiweißgehalt nach Kjeldahl, das Wasser aus der Differenz beim Trocknen bei 105° bestimmt.

Die zur Untersuchung kommende Gerste wurde auf einem Sortiersieb geschüttelt, um dieselbe von Staub und Ausputz zu befreien, die sonst in dem Gewicht der Untersuchungssubstanz mitgerechnet, die Resultate unzuverlässig machen würden. Darauf wurde die Gerste auf einer geräumigen Schale ausgebreitet und mittels einer Pinzette von den Halbkörnern befreit. Von der auf diese Weise vorbereiteten Gerste wurden für jeden Ver-

1) Hoffmann, Jahrb. für Brauerei, 1909.

such genau 100 g abgewogen und zur Versuchsanstellung verwendet.

Diese Gerste wurde in den Versuchskolben, der vorher 3—4 cm vom Boden mit Glasperlen gefüllt war, gebracht und unter einer Glasglocke auf etwa 12 mm Druck mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe evakuiert, was jedesmal 45 Min. Zeit in Anspruch nahm. Mittels einer geeigneten Vorrichtung wurde dann zu dem Kolben die sterilisierende Flüssigkeit (alkoholische Sublimatlösung 1 : 1000) hineingegossen, bis die Flüssigkeit 4—5 cm über der Gerste stand und darauf der Kolben aus der Glasglocke herausgenommen. Dann wurde der Kolben mit dem zugeschliffenen Stöpsel geschlossen und vollgefüllt. Beim Austritt der Flüssigkeit bei einem Arm des Doppelhahnes a wurde der vorher sterilisierte Ansatz N angebracht und auch $^3/_4$ mit der Flüssigkeit gefüllt.

Dies geschah, um das Innenrohr bei h nach Abnahme des Zuleitungsrohres auch mit alkoholischer Sublimatlösung zu füllen und auf diese Weise jegliche Luft aus dem Kolben zu entfernen. Sämtliche Hahnröhren wurden mit sterilen Gummischlauchstücken, in welche ein Glasstab gesteckt war, verschlossen. Nach 24 Stunden wurde dann der Kolben in den oben beschriebenen Apparat eingefügt. Gefäße S_1, S_2, W und Ansatz N, wie auch sämtliche Röhrchen mit Watte wurden in einem Trockenschrank sterilisiert; die Gummiverbindungen durch Eintauchen in eine alkoholische Sublimatlösung während 24 Stunden. Der Karlsbergkolben K wurde mit Leitungswasser gefüllt und durch zweimaliges längeres Kochen sterilisiert. Nach dem alles auf diese Weise vorbereitet war, konnte man zum Zusammenstellen des Apaprates schreiten. Nach vorhergehendem Flambieren der Hände und der äußeren Stellen der Verbindungsstücke wurden sämtliche Verbindungen, der Zeichnung entsprechend, steril zusammengestellt.

Durch geeignete Stellungen der Doppelhähne a, b, c und h kann man in dem Kolben den gewünschten Weg freilegen. Mit Hilfe eines Luftstromes, den man einer Luftdruckpumpe entnahm und der vorher von Kohlensäure und Wasserdämpfen befreit, wie auch bei m sterilisiert war, konnte die alkoholische Sublimatlösung aus dem Kolben hinausgedrückt werden und floß bei n in den Meßzylinder. Nachdem die ganze Flüssigkeit entfernt war, schickte man den Luftstrom noch eine ganze Stunde hindurch. Dann, um die Gerste möglichst von Alkohol zu befreien, wurde durch Umstellen der Hähne der Aspirator in Tätigkeit gesetzt mit einem Luftstrom von 1 l pro Stunde, und zwar während einer Zeitdauer von 48 Stunden (vom Sonnabend bis Montag). Jetzt wurde auch der im Apparat herrschende Widerstand gemessen und dafür Sorge getragen, daß er nicht weiter als bis zur 5. Teilung des S e g e r'schen Mikromanometers reichte, was auch zu gleicher Zeit eine Kontrolle der Dichtigkeit des Apparates war.

Nachdem verschiedene Weichmethoden ausprobiert waren, erwies sich als die beste die folgende. Zunächst wurden durch entsprechende Stellung der Hähne 4 l Wasser durchgelassen, um noch etwa vorhandene Spuren von Alkohol wegzuschwemmen und den noch an der Gerste haftenden Staub abzuwaschen. Das abfließende Wasser wurde im Meßzylinder gemessen. Da der Inhalt des Kolbens durch Ablesen der Mengen des in den Meßzylinder herausgedrückten Alkohols bekannt war, so konnte man auch genau bestimmte Mengen von Weichwasser im Kolben zurücklassen. Dies wurde in folgender Weise durchgeführt. Nachdem die Gerste schon gewaschen war, wurde der Kolben voll mit Wasser gefüllt und nun drückte man einen Teil des Wassers in den Meßzylinder bis zur bestimmten Marke aus. Bei der Weiche stand das Wasser immer etwa 3—4 cm über der Gerste. Nach 5 Stunden wurde dann das Wasser wieder mittels Luftpumpe abgedrückt und im Meßzylinder gemessen. Am zweiten Tage bekam die Gerste 4 Stunden und am dritten Tage zweimal je eine Stunde Weichwasser.

Da der Druck der Luftpumpe konstant gehalten und immer mit gleichen Zeiten und Temperaturen operiert worden ist, so ist kein

Grund vorhanden, anzunehmen, daß die Gersten verschiedene Weichgrade erreicht haben. In der Tat zeigten dieselben auch nach Beendigung des Versuches normale und gleichmäßige Keimung. Die am Boden des Kolbens liegenden Glasperlen sorgten dafür, daß das am Boden des Kolbens zurückgebliebene Wasser auf die Gerste nicht einwirken konnte, andererseits führten sie der Luft etwa fehlende Feuchtigkeit hinzu.

Nach Beendigung einer jeden Weiche wurde mittels des Aspirators Luft durchgesaugt, und zwar 1 l p. Stunde, sowie auch für einen gleichbleibenden Widerstand des ganzen Systems gesorgt. Nach der dritten Weiche wurde dann die Gerste sich selber, d. h. der Keimung überlassen. Es wurde dauernd ein Luftstrom durchgesaugt, mit den kleinen Unterbrechungen, die nötig waren, um den Aspirator mit neuem Wasser zu füllen, was täglich geschah, und zwar immer nach Beendigung der Stundenbeobachtungen. Alle Versuche wurden streng nach dieser Methode durchgeführt. Außerdem wurden immer parallele Versuche angestellt und dabei zwei Gersten zu gleicher Zeit untersucht, weil vier der oben beschriebenen Apparate im Betriebe waren, je zwei in einem Wasserbade.

Die Stundenbeobachtungen wurden immer an denselben Stunden eines jeden Tages, und zwar von 10 Uhr morgens bis 1 Uhr nachmittags. Diese Stunden wurden deswegen eingehalten, um die Zahlen untereinander vergleichen zu können.

Auf den ersten Blick könnte es unglaubwürdig erscheinen, daß bei der großen Menge von Hähnen und Schliffen und bei der langen Versuchsdauer das Material steril geblieben ist. Jedoch waren erstens sämtliche Hähne und Schliffe tüchtig mit einem Gemisch von Vaseline und Tymolpulver eingeschmiert, was eine gewisse Sicherheit gegen das Eindringen der Mikroben bildete. Zweitens herrschte im Kolben infolge der ständigen Entwicklung der CO_2 auch beständig ein geringer Ueberdruck.

* * *

I. Versuch.

Bei diesem Versuch dienten als Untersuchungsmaterial 100 g gewöhnlicher Landgerste ungarischer Provenienz. Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß 9,57 pCt., Wassergehalt 13,38 pCt., Trockensubstanz 86,62 g, Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet 31,3 g (lufttrocken 36,1), Keimintensität 99,8 pCt., sterilisiert und geweicht nach der oben beschriebenen Methode. Dauer des Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom 1 l pro Stunde. Temperatur 14—15° C., Widerstand 3—5 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden ('11—1) und Tagen:

	Fl. I.	Fl. II.
1. Montag . .	2,5	2,6
2. Dienstag .	—	—
3. Mittwoch .	10,3	10,2
4. Donnerstag	24,0 25,8	29,1 25,1
5. Freitag . .	32,9 31,0 34,8	34,8 32,4 30,9
6. Sonnabend	36,0 38,2	34,0 34,2
7. Sonntag .	—	—
8. Montag . .	44,8 44,0	45,3 43,7
9. Dienstag .	39,2 39,2	39,9 38,5
10. Mittwoch .	37,0	36,9

Nach Beendigung dieses Versuches wurde auf Sterilität geprüft, und zwar mittels Rollkulturen und Würzefläschchen, Resultat befriedigend, d. h. bei den Rollkulturen waren einzelne Mikrobenkolonien zu zählen, was auf die Luftinfektion bei der Übertragung aus dem Versuchsgefäß zurückzuführen ist.

Wenn man sich die Zahlen eines jeden Tages ansieht, so fällt in die Augen, daß dieselben nicht, wie man erwartet, mit jeder Stunde steigen, sondern hin und her schwanken. Diese Erscheinung kann man sich damit erklären, daß man hier mit einem physiologischen Vorgang zu tun hat. Deswegen sind

auch die Tagesbeobachtungen zu denselben Stunden gemacht worden.

Wie schon früher erwähnt war, wurden immer parallele Versuche angestellt, und zwar teilweise je zwei gleiche Gersten und teilweise je zwei verschiedene Gersten in einem Wasserbad.

II. Versuch.

Zur Anwendung gelangte die Gerste wie in Versuch I; sie wurde aber nicht sterilisiert. Dauer des Versuches 7 Tage (3 Weich- und 4 Keimtage) bei permanentem Luftstrom von 1,8 l pro Stunde, Temperatur von 11,5 bis 12,5° C., Widerstand 3 bis 5 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (v. 11 bis 1) und Tagen.

	Fl. I	Fl. II
1. Montag . .	—	—
2. Dienstag . .	—	—
3. Mittwoch . .	14,4 16,2 12,1	13,3 15,5
4. Donnerstag.	24,3 19,2 20,1	22,2 17,5 20,1
5. Freitag . . .	31,2 30,1 29,3	30,3 29,5 30,0
6. Sonnabend .	27,4 28,5	29,5 27,9

Bei diesen Versuchen hat sich herausgestellt, daß, wenn die Gerste vor der Weiche nicht mit alkoholischer Sublimatlösung behandelt wird, sie eine kürzere Weichzeit nötig hat, um denselben Weichgrad zu erreichen. Die Zahlen sind auch erheblich größer ausgefallen.

III., IV. und V. Versuch.

Zur Anwendung gelangte die Gerste wie im Versuch I, Dauer des Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom

bei Versuch III 2 l pro Stunde
" " IV 1,8 l pro Stunde
" " V 1,5 l pro Stunde

Temperatur 11,5 bis 12,5° Widerstand 3 bis 5 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (von 11 bis 1) in Tagen.

(Siehe untenstehende Tabelle.)

Bei diesen Versuchen wurde auf Sterilität geprüft. Versuch 4 und 5 steril. Versuch 3 sehr geringe Infektion, die erst nachträglich bei der Übertragung erfolgt ist.

VI., VIII. und X. Versuch.

Bei folgenden Versuchen war der Luftstrom 1 l pro Stunde, sonst alles wie bei Versuch I:

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (v. 11 bis 1) und Tagen.

(Siehe Tabelle auf Seite 16.)

	Versuch III		Versuch IV		Versuch V	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	—	—	—	—	—	—
2. Dienstag	—	—	—	—	—	—
3. Mittwoch	—	—	—	—	9,6	9,6
4. Donnerstag . . .	14,1 14,0	16,2 15,0	14,4 13,6	15,4	15,1 14,3	14,9 14,5
5. Freitag	19,4 15,5	15,5 17,3	16,4 19,8	14,9 17,7	17,1 16,9	17,4 17,4
6. Sonnabend . . .	21,0 21,0	19,0 23,1	20,0 20,8	22,4 20,0	21,1 21,0	20,0 21,1
7. Sonntag.	—	—	—	—	—	—
8. Montag	32,2 27,8	36,2 35,8	34,0 31,0	30,1 34,3	30,8 29,4	32 33,2
9. Dienstag	27,0 30,4	27,8	—	—	28,5 29,5	28,0
10. Mittwoch	—	—	24,0	25,2 27,2	28,4	27 28,4

	Versuch VI		Versuch VIII		Versuch X	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	2,3	2,3	2,3	—	2,5	2,5
2. Dienstag	5,1	5,5	5,5	—	—	—
3. Mittwoch	9,9	9,7	9,8	—	9,7	10,1
4. Donnerstag . . .	12,6 16,3 14,8	14,5 14,6	14,2 13,8 15,2	—	—	—
5. Freitag	17,0 16,4	16,2 18,0	17,1 17,0 16,9	—	16,6 18,5 17,0	—
6. Sonnabend . . .	20,5	20,1	21,0 19,8	—	21,1 22,0	20,0 21,2
7. Sonntag.	—	—	—	—	—	—
8. Montag	31,0 32,6	29,0 31,0	31,9 29,9	—	30,8 32,0	32,2 32,3
9. Dienstag	—	28,5 28,9	28,5	—	29,0	29,2
10. Mittwoch. . . .	—	27,8	27,8 28,0	—	—	27,2 28,8

Beim Versuch X wurde auch die Gesamt-CO_2 der 7 Atmungstage bestimmt:

Die großen Absorptionsgefäße ergaben CO_2

	Fl. I	Fl. II
	3,7518 g	3,9681 g
Die beobachteten Stunden:	0,1870 „	0,1908 „
	3,9388 g	4,0589 g

Mittelwert 3,9988 g.

Wenn man aus dem Mittelwert jedes einzelnen Tages die CO_2 in 24 Stunden und daraus dieselbe für 7 Tage theoretisch berechnet, so ergibt sich die Zahl 4,1052 g, was einen Unterschied von nur 2,6 pCt. ausmacht.

VII., XI., XVI., XIX. Versuch.

Bei folgenden Versuchen dienten als Untersuchungsmaterial 100 g gewöhnlicher Gerste ungarischer Provenienz. Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß 13,54 pCt., Wassergehalt 12,1 pCt., Trockensubstanz 87,99 g, Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet 32,1 g (Lufttrocken 36,4), Keiminten-

	Versuch VII		Versuch XI	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	2,5	—	—	—
2. Dienstag	4,5	4,6	4,8	4,8
3. Mittwoch	9,7	9,7	9,7	9,7
4. Donnerstag	16,1 17,8 15,9	15,7 15,5 16,3	15,0 16,4	16,1 16,1
5. Freitag	17,6 15,4	19,2 18,4	18,6 16,2 20,8	18,0 18,6 18,0
6. Sonnabend	24,3	24,2	23,0 23,6	23,9 24,3
7. Sonntag	—	—	—	—
8. Montag	40,8 39,0	40,4 40,2	39,4 39,0	38,6 37,8
9. Dienstag	—	39,0 37,0	37,0 39,0	38,0
10. Mittwoch	—	36,8	36,0	37,0 38,2

sität 99,9 pCt., sterilisiert und geweicht nach der oben beschriebenen Methode. Dauer des Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom 1 l pro Stunde. Temperatur 11,5 bis 12,5° C., Widerstand 3 bis 6 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (11 bis 1) und Tagen:

	Versuch XVI		Versuch XIX	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	—	—	—	—
2. Dienstag	—	—	—	—
3. Mittwoch	9,9	9,9	—	—
4. Donnerstag	16,3 15,9	16,1 16,2	—	16,6 15,4
5. Freitag	17,7 19,2 17,1	20,2 18,2 21,6	—	19,9 19,8 20,0
6. Sonnabend	22,0 26,0	24,0 24,8	—	24,9 22,9
7. Sonntag	—	—	—	—
8. Montag	39,0 40,4	39,0 38,0	—	40,1
9. Dienstag	—	—	—	40,0 36,1
10. Mittwoch	36,0 36,4	36,6	—	—

Versuch VII. Das nach dem Versuch zwischen den Glasperlen zurückgebliebene Wasser war klar, was auf die Sterilität schließen läßt.

Die gekeimte Gerste besitzt eine gute Auflösung, frischen gesunden Geruch, normale Keimung.

Versuch XI. Bei diesem Versuch wurde auch die Gesamtkohlensäure der 7 Atmungstage bestimmt. Die großen Absorptionsgefäße ergaben CO_2

Fl. I	Fl. II	
5,0180	4,8787	
0,3385	0,3395	Tagesbeobachtungen
5,3565	5,2181	Gesamt-CO_2

Mittelwert 5,2873 g.

Wenn man aus dem Mittelwert jedes einzelnen Tages die CO_2 in 24 Stunden und daraus dieselbe für 7 Tage theoretisch berechnet, so ergibt sich eine Zahl von 5,2404 g, was einen Unterschied von 0,9 pCt. ausmacht.

Versuch XVI und XIX. Bei diesen beiden Versuchen wurde auch die CO_2-Menge in 24 Stunden bestimmt.

		vom 3. zum 4. Tage	vom 4. zum 5. Tage	vom 5. zum 6. Tage	vom 6. zum 8. Tage	vom 8. zum 9. Tage
Versuch 16	Fl. I	0,3322	0,3789	0,5060	1,4306	0,8120
	Fl. II	0,3388	0,3686	0,4620	1,5272	0,7764
	Mittelwert	15,1	17,9	22,1	—	38,8
Versuch 19	Fl. I	—	—	—	—	—
	Fl. II	0,3324	0,3916	0,4400	1,5272	0,7516
	Mittelwert	15,2	17,8	21,0	—	38,7

Die aus diesen Zahlen berechneten Mittelwerte pro Stunde stimmen mit der Theorie zusammen, d. h. die befinden sich immer zwischen den Zahlen der zwei aufeinanderfolgenden Tage.

Für die folgenden Versuche IX und XII diente als Untersuchungsmaterial gewöhnliche Landgerste 100 g ungarischer Provenienz. Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß 9,58, Wassergehalt 14,02 pCt., Trockensubstanz 85,98 g, Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet 42,7 g (Lufttrocken 49,7 g), Keimintensität 99 pCt., sterilisiert und geweicht wie bei früheren Versuchen. Dauer des Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom von 1 l pro Stunde. Temperatur 11,5 bis 12,5° C. Widerstand 3 bis 6 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (11 bis 1) und Tagen:

	Versuch IX		Versuch XII	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	—	—	—	3,0
2. Dienstag	—	4,5	4,4	4,4
3. Mittwoch	—	10,0	10,9	11,0
4. Donnerstag	—	11,1 11,2 11,3	11,4 11,3 11,2	11,2 11,3 11,3
5. Freitag	—	14,9 13,9 15,3	14,0 14,8	14,6 15,0
6. Sonnabend	—	16,5 16,7	17,2 16,0	16,0 16,4
7. Sonntag	—	—	—	—
8. Montag	—	25,0	24,5 24,6	25,9 24,3
9. Dienstag	—	21,5	19,0 23,0	22,2 22,3
10. Mittwoch	—	20,8	—	—

Beim Versuch IX wurde auch CO_2 pro 24 Stunden bestimmt:

	vom 3. zum 4. Tage	vom 4. zum 5. Tage	vom 5. zum 6. Tage	vom 6. zum 8. Tage	vom 8. zum 9. Tage	vom 9. zum 10. Tage
Mittelwert pro Stunde	0,2058 9,8	0,2730 13,0	0,3168 14,4	1,0212 22,2	0,5152 22,4	0,4880 21,5

Gesamt-CO_2:

Große Absorptionsgefäße: 2,8200
Tagesbeobachtung: 0,1782

Summa: 2,9982 g CO_2.

Aus dem Mittelwert einzelner Tage berechnete CO_2 in 24 Stunden und daraus in 7 Tagen ergibt 3,1200 g, was einen Unterschied von 3,9 pCt. ausmacht.

XIII., XIV., XVII., XVIII. Versuch.

Bei folgenden 4 Versuchen dienten als Material 100 g gewöhnlicher Landgerste ungarischer Provenienz. Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß 13,09 pCt., Wassergehalt 12,1 pCt., Trockensubstanz 87,99 g Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet 43,6 g (Lufttrocken 49,6 g), Keimintensität 99,9 pCt., sterilisiert und geweicht

nach der oben beschriebenen Methode. Dauer jedes Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom 1 l pro Stunde. Temperatur 11,5 bis 12,5° C. Widerstand 3 bis 5 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Stunden (11 bis 1) und Tagen.

	Versuch XIII		Versuch XIV	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	2,4	2,3	—	—
2. Dienstag	4,5	4,6	4,5	—
3. Mittwoch	—	—	10,0	—
4. Donnerstag	13,0 12,2	13,2 13,2	12,6 13,0	—
5. Freitag	17,0 15,2 15,2	16,6 15,4 16,0	16,0 17,2	—
6. Sonnabend	19,4 19,2	20,5 20,6	21,0 19,4	—
7. Sonntag	—	—	—	—
8. Montag	30,1 30,5	32,3 31,9	31,2	—
9. Dienstag	27,0 31,0	27,4 31,0	28,9	—
10. Mittwoch	—	—	28,2	—

	Versuch XVII		Versuch XVIII	
	Fl. I	Fl. II	Fl. I	Fl. II
1. Montag	—	—	—	—
2. Dienstag	—	—	—	—
3. Mittwoch	8,0	8,9	—	—
4. Donnerstag	12,7 12,8	12,9 13,3	13,2 12,8	—
5. Freitag	17,0 15,1 16,1	17,0 16,1 18,0	15,5 17,0 15,8	—
6. Sonnabend	22,2 19,8	22,0 20,1	21,0 19,1	—
7. Sonntag	—	—	—	—
8. Montag	33,0 29,0	31,0	33,3 28,9	—
9. Dienstag	—	—	28,9	—
10. Mittwoch	28,0	29,2 28,0	30,1 27,1	—

Bei Versuchen XVII und XVIII wurde auch die Kohlensäure pro 24 Stunden bestimmt, wie auch die Gesamt-CO_2 während der Atmung pro Tage;

		vom 3. zum 4. Tage	vom 4. zum 5. Tage	vom 5. zum 6. Tage	vom 6. zum 8 Tage	vom 8. zum 9. Tage
Versuch 17	Fl. I	0,2510	0,3234	0,3974	1,1822	0,7200
	Fl. II	0,2640	0,3150	0,3828	1,2236	0,7128
	Mittelwert pro Stunde	11,5	15,2	17,7	26,2	29,8
Versuch 18	Fl. I	0,2420	0,3510	0,3992	1,1914	0,6550
	Fl. II	—	—	—	—	—
	Mittelwert pro Stunde	11,0	15,5	19,0	25,9	29,8

Beim Versuch XVII beträgt die Gesamt-CO_2 in 9 Tagen:

	Fl. I	Fl. II
Große Absorptionsgefäße	2,8660	2,8982
Tagesbeobachtung . . .	0,1777	0,1484
	3,0437	3,0466

Mittelwert: 3,0452 g.

Aus dem Mittelwert einzelner Tage berechnete CO_2 in 24 Stunden und daraus die Gesamt-CO_2 in 6 Tagen ergibt die Zahl 3,2304, was einen Unterschied von 5,5 pCt. ausmacht.

XV. Versuch.

Bei diesem Versuch dienten als Untersuchungsmaterial 100 g einer Imperialgerste ungarischer Provenienz. Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß 9,49 pCt., Wassergehalt 12,35 pCt., Trockensubstanz 87,65 g, Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet 43,2 g, (Lufttrocken 49,1 g) Keimintensität 99 pCt., Sterilisiert und geweicht nach der oben beschriebenen Methode. Dauer des Versuches 10 Tage (3 Weich- und 7 Keimtage) bei permanentem Luftstrom von 1 l pro Stunde. Temperatur 11,5—12,5° C. Widerstand 3—5 Teilungen des Seger'schen Apparates.

Abgegebene CO_2 in mg an einzelnen Tagen und Stunden (11—1).

	Fl. I	Fl. II
1. Montag . .	—	—
2. Dienstag .	4,5	4,4
3. Mittwoch .	10,4 9,6	10,2
4. Donnerstag	11,2 11,4 11,5	11,2 14,1 9,6
5. Freitag . .	18,4 17,0	18,2 17,2
6. Sonnabend	23,8 25,0	23,7 25,3
7. Sonntag .	—	—
8. Mortag . .	38,2	38,4 38,1
9. Dienstag .	39,0	39,2
10. Mittwoch .	38,1	38,2

Dieser Versuch steht im Widerspruch mit allen anderen, und zwar, weil sonst Gerste mit gleichem Eiweißgehalt und hohem Tausendkorngewicht mehr atmet als die mit niedrigem Tausendkorngewicht. Der Widerspruch ist dadurch zu erklären, daß die angewendete Weichmethode für diese Sorte von Gersten ungeeignet ist, was sich auch am Schluß des Versuches bestätigte. Diese Gerste hatte schon in der gleichen Zeit des Versuches Blattkeime, als die andere Gerste noch nichts davon zeigte, was auf Überweichung der ersteren zurückzuführen ist.

XX. und XXI. Versuch.

Für die zwei folgenden Versuche, bei denen zwei Gersten als Untersuchungsmaterial dienten, wurde eine andere Arbeitsmethode angewandt. Diese soll hier beschrieben werden. Es handelte sich um zwei Gersten von verschiedenem Eiweißgehalt bei gleichem Tausendkorngewicht.

Quantitative Zusammensetzung: Eiweiß A 9,72 pCt., B 14,44 pCt., Wassergehalt A 13,49 pCt., B 12,48 pCt., Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet A 39,8 g, B 39,4 g (Lufttrocken A 45,8 g, B 44,6 g), Trockensubstanz A 86,21 g, B 87,52 g, Keimintensität A 99,8 pCt., B 98,9 pCt. Diese Gersten wurden nicht sterilisiert und nicht, wie in früheren Versuchen, in den Versuchskolben geweicht, sondern auf Trichtern. Es wurden je drei Trichter von jeder Gerste zu je 150 angestellt und auf folgende Weise geweicht: Die Gersten standen 12 Stunden mit Wasser, darauf 12 Stunden ohne Wasser, dann 5 Stunden mit und 4 Stunden ohne Wasser; dann 12 Stunden mit Kalkwasser, 3 Stunden ohne und 9 Stunden mit Wasser. Von 13° C. und dabei wurde ein Weichgrad erreicht bei A = 42,1 : B = 42,7. Die auf diese Weise geweichte Gerste wurde dann der Keimung bis zum vierten Tage überlassen und an diesem Tage in den oben beschriebenen Apparat übergeführt, um die CO_2-Entwicklung genau zu messen. Die Temperatur war 11,5 bis 12,4° C. Widerstand 3—5 Teilungen des Seger'schen Mikromanometers.

Abgegebene CO_2 in mg in einzelnen Tagen pro 150 g und 24 Stunden.

Trichter	vom 3. zum 4. Tage	vom 4. zum 6. Tage	vom 6 zum 7. Tage	vom 7. zum 8. Tage
A_1	1,3889	2,6652	1,2685	1,2216
B_1	1,5964	3,1585	1,5216	1,4568

Trichter $A_2 = 2{,}7132$, $B_2 = 3{,}2042$ = CO_2 g vom 4. zum 6. Tage

Trichter $A_3 = 1{,}2999$, $B_3 = 1{,}5133$ = CO_2 g vom 6. zum 7. Tage

Im Durchschnitt aus den oben angegebenen Zahlen:

	am 4. Tage	am 5.–6. Tage	am 7. Tage	am 8. Tage		am 4. Tage	am 5.–6. Tage	am 7. Tage	am 8. Tage
A	57,8	55,5	52,8	50,9	g od. auf 100 g CO_2 reduziert	38,6	37	35,2	33,8
B	66,4	65,8	62,5	60,7		44,2	43,8	41,6	40,4

In einzelnen Stunden der Tage bestimmte CO_2-Menge in mg.

	am 4. Tage	am 6. Tage	am 7. Tage
A	54,9	54,5	52,8
B	66,8	61,6	64,6

Die im Durchschnitt berechneten Zahlen stimmen also mit den einzelnen Beobachtungen sehr gut überein.

Diese Versuche wurden angestellt, um zu sehen, wieviel CO_2 die Gerste entwickelt, wenn sie in einer der Praxis vollkommen entsprechenden Weise behandelt wird. Ein Vergleich dieser Zahlen mit den früheren hat ergeben, daß sie größer sind, als die mit sterilisierter Gerste erhaltenen Werte.

Vorläufig läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, warum nicht sterilisierte Gerste besser wächst und kräftiger atmet als sterilisierte. Denn nach fünftägigem Verbleib der Gerste im Versuchskolben und darauf noch etwa siebentägigem Lagern im Trichter zeigte dieselbe ein vollständig gesundes Aussehen, frischen angenehmen Geruch und äußerlich absolut keine Schimmelbildung, so daß man behaupten könnte, nicht die Mikrobentätigkeit habe ein stärkere Atmung verursacht, sondern es fehle hier eine geringe Schwächung, welche stets mit der Sterilisation verbunden sei. Andererseits ist aber zu beachten, daß die Behandlung des Materials mit absolutem Alkohol Wasser entzieht und daß, wie die Versuchsordnung zeigt, die Weiche unter erheblich geringerem Luftzutritt erfolgt.

Die folgende Tabelle II bildet eine Zusammenfassung der im einzelnen beschriebenen Versuche, und zwar ist sie so zusammengestellt, daß man mit Leichtigkeit ersehen kann, welche Gerste zur Untersuchung kam, und welche Mittelwerte die einzelnen Beobachtungen in jedem Tage ergaben.

(Siehe Tabelle II auf Seite 22.)

Schlußbetrachtungen.

Bevor man zur Diskussion der Resultate schreitet, scheint es zweckmäßig zu sein, noch auf verschiedene Punkte hinzuweisen, die sich bei den Versuchsanstellungen zeigten und von Bedeutung sind.

1. Der Reibungswiderstand in der Gesamtleitung. Zunächst wurden zur Absorption der CO_2 Kaliapparate zur flüssigen Lauge verwendet. Dabei hatte sich herausgestellt, daß diese einen großen Widerstand leisten und Luftverdünnung erzeugen. Dieser Umstand wäre schließlich an und für sich nicht störend, wenn es nur möglich gewesen wäre, ihn stets gleichmäßig zu erhalten. Weil er aber beständig wechselte, so wurde auch das Gasgleichgewicht beständig gestört und völlig unbrauchbare Zahlen erhalten.

Wie aus den Versuchen ersichtlich ist, wurde immer der relative Widerstand be-

Tabelle II.

	N = Versuch																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Eiweiß	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	13,34	9,57	9,58	9,57	13,34	9,58	13,09	13,09	9,49	13,34	13,09	13,09	13,34	9,72	14,44
Tausenkorngewicht	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	32,1	31,3	42,7	31,3	32,1	42,7	43,6	43,6	43,2	32,1	43,6	43,6	32,1	39,8	39,4
Temperatur	14,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Liter Luft	1,0	1,0	2,0	1,8	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1. Montag	2,5	—	—	—	2,3	2,3	2,5	2,3	—	2,5	—	—	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Dienstag	—	—	—	—	—	5,3	4,5	5,5	4,5	—	4,8	4,4	4,5	4,5	4,5	—	—	—	—	—	—
3. Mittwoch	10,3	14,3	—	—	9,6	9,8	9,7	9,8	10,0	9,9	9,9	10,9	—	10,0	10,0	9,9	8,0	—	—	—	—
4. Donnerstag	26,0	20,5	14,8	14,9	14,7	14,5	16,2	14,4	11,2	—	15,9	11,3	12,9	12,8	11,3	16,1	12,9	13,0	16,0	—	—
5. Freitag	32,8	30,1	16,9	17,4	17,2	16,9	18,4	17,0	14,7	17,4	18,3	14,6	15,9	16,6	17,7	19,0	16,5	16,1	19,9	—	—
6. Sonnabend	35,6	28,3	21,0	20,8	20,8	20,3	24,3	20,4	16,6	21,0	23,7	16,4	19,9	20,2	24,4	24,2	20,5	20,0	23,9	—	—
7. Sonntag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,6	44,2
8. Montag	43,4	—	33,0	32,1	31,4	30,9	40,1	30,9	25,0	31,8	38,7	24,8	31,2	31,2	38,2	39,1	31,0	31,1	40,0	37,2	43,8
9. Dienstag	39,2	—	—	—	28,5	28,7	38,0	28,5	21,4	29,1	38,0	21,5	29,1	28,9	39,0	—	—	28,9	38,4	35,2	41,6
10. Mittwoch	37,0	—	28,3	25,1	27,9	27,8	36,7	27,9	20,8	28,0	36,8	—	—	28,2	38,0	36,4	28,3	—	—	33,8	40,4

stimmt, d. h. darauf geachtet, daß er bei allen Versuchen zwischen bestimmten geringen Grenzen schwankte. Diese konnte man mit Hilfe der Kaliapparate nicht erreichen, und deswegen mußten die U-Röhre mit Natronkalk zur Verwendung kommen.

2. Die Temperaturmessung. Da die Versuche in einem Laboratoriumsraum angestellt wurden, wo die Temperatur je nach der Jahreszeit und Tageswärme sich änderte, so war es mit einigen Schwierigkeiten verbunden, die niedrige Temperatur konstant zu halten, was aber doch mit Hilfe des oben geschilderten Thermoregulators gelang. Daß wenige Grade schon einen großen Unterschied bei der Atmung der abgegebenen CO_2 verursachen, wurde in einer Reihe von Vorversuchen festgestellt; auch aus dem hier beschriebenen Versuch I ersieht man, daß bei 14,5° C. die Atmung erheblich größer ist. Es wäre aber vorteilhaft, bei höheren Temperaturen zu arbeiten, da voraussichtlich die Unterschiede bei der Atmung verschiedener Gersten größer sein würden und dadurch die Versuchsfehler sich verkleinerten. Wenn jedoch die Versuche bei 12° C. durchgeführt worden sind, so geschah es mit Rücksicht darauf, daß diese Temperatur derjenigen der Praxis entspricht.

3. Einfluß der Luftmenge. Bei dieser Versuchsanstellung wurde festgestellt, daß die Geschwindigkeit mit der man Luft durch den Untersuchungskolben durchleitet, von einem gewissen Minimalwert ab ohne Einfluß auf die Atmung bleibt. Bei den Versuchen 3, 4, 5 und 6 wurden entsprechend Geschwindigkeiten von 2, 1,8, 1,5 und 1 l Wasser pro Stunde angewendet; wie man sieht, sind die Atmungszahlen gleichwertig ausgefallen. Die weiteren Versuche wurden dann auch mit der Geschwindigkeit von 1 l pro Stunde durchgeführt. Aber nicht bloß dieser Umstand war ausschlaggebend bei der Wahl (1 l pro Stunde), sondern noch ein anderer von nicht geringerer Bedeutung. Je mehr Luft nämlich durch den Apparat gesaugt wird, desto mehr Feuchtigkeit entzieht diese dem Untersuchungsmaterial; es könnte also bei größerer Geschwindigkeit die Keimung infolge Austrocknung abgeschwächt bzw. vollständig verhindert werden, was sich auch bei einigen Vorversuchen ergeben hat.

4. Die Weichmethode. Diese ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Anstellung der Versuche keimender Gerste. Es wurde experimentell nachgewiesen, daß nicht bloß Gersten verschiedener Provenienz sich ungleichartig bei derselben Weichmethode verhalten, sondern auch solche verschiedener Qualität. Dies hat auch Versuch XV zur Genüge bewiesen. Es handelt sich hier um eine Gerste derselben ungarischen Provenienz, aber es war sog. Imperialgerste; die anderen Gersten dagegen waren gewöhnliche ungarische Landgersten.

5. Wenn man sich die Zahlen eines jeden Versuches ansieht, (Tab. 2) so fällt sofort in die Augen, daß die CO_2-Entwicklung bis zu einem gewissen Tage (8) steigt, dann wieder fällt. Vergleicht man die Zahlen zweier verschiedener Gersten, so findet man, daß zunächst (während der Weichtage) kaum Unterschiede bestehen; dann werden sie im Laufe der Zeit deutlich und allmählich größer und größer. Diese beiden Erscheinungen könnte man auf folgende Weise erklären. Die Menge von Enzymen, welche sich als Vorrat in der gereiften Frucht vorfindet, ist ziemlich gering; sie bringt kaum eine Wirkung hervor. Wenn aber Wasser und Luft hinzutreten und der physiologische Atmungsprozeß in Gang kommt, dann werden neue Mengen von Enzymen erzeugt, welche die Abbauvorgänge beschleunigen.

Da eiweißreiche Gersten mehr Enzyme zu erzeugen vermögen, so wird auch hier der Atmungsverlauf energischer sein als bei eiweißarmen Gersten, eine Anschauung, welche durch die vorliegende Untersuchung ihre Bestätigung findet.

6. Bezüglich der folgenden Tabellen wäre zu bemerken:

In der Tab. III sind die Mittelwerte aus den Versuchen berechnet und zwar bei Gersten mit gleichem Tausendkorngewicht und verschiedenem Eiweißgehalt in der Unterteilung wiederum bei hohem und niedrigem Tausendkorngewicht. Dabei hat sich herausgestellt, daß sowohl bei hohem, als auch bei niedrigem Tausendkorngewicht eiweißreiche Gerste mehr atmet als die eiweißarme.

In der Tabelle IV sind zusammengefaßt die Mittelwerte aus den Versuchen mit Gersten von gleichem Eiweißgehalt (niedrigem und hohem) und verschiedenem Tausendkorngewicht. Das Resultat ist, daß Gersten mit niedrigem Tausendkorngewicht mehr atmen, wie die mit hohem.

7. Zugleich mit der CO_2-Bestimmung wurde auch die O-Absorption ausgeführt. Diese Zahlen scheinen sämtlich zu hoch ausgefallen zu sein, so daß sie hier nicht aufgenommen worden sind. Da der Gegenstand nicht im unmittelbaren Zusammenhange mit der gestellten Aufgabe steht, so wurde die Fehlerquelle nicht zu erforschen gesucht. Die beobachteten Werte lassen aber erkennen, daß mit der Keimung eine fortschreitende Vergrößerung des Verhältnisses CO_2/O_2 stattfindet, nämlich von etwa 0,2 während der Weiche bis 0,9 beim Abbrechen des Versuches. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der oben erwähnte Fehler dieses Verhältnis nur unwesentlich beeinflußt hat. Das Anwachsen des Verhältnisses CO_2/O_2 steht auch mit der Beobachtung im Einklange, daß 1. geweichte Gerste sehr energisch O absorbiert, und daß 2. ausgekeimtes Getreide wesentlich mehr Säuren enthält, als ungekeimte Frucht. Es findet also eine O-Aufspeicherung statt, die wahrscheinlich in einem späteren Stadium als hier zur Untersuchung gelangte, zu einer Umkehrung des Verhältnisses führen dürfte.

Zusammenfassung.

1. Gerste läßt sich in beliebigen Mengen steril erhalten durch Anwendung von alkoholischer Sublimatlösung unter Vakuum.
2. Der gesamte Keimungsvorgang einschließlich Weiche läßt sich steril durchführen.
3. Sterile Gerste liefert weniger CO_2 als die nicht sterilisierte.
4. Die kleinkörnige Gerste atmet mehr als die großkörnige. (Graph. Tab. II).
5. Die eiweißreiche Gerste atmet mehr als die eiweißarme. (Graph. Tab. I.)

Tabelle III.

Gersten mit gleichem Tausendkorngewicht[1]).

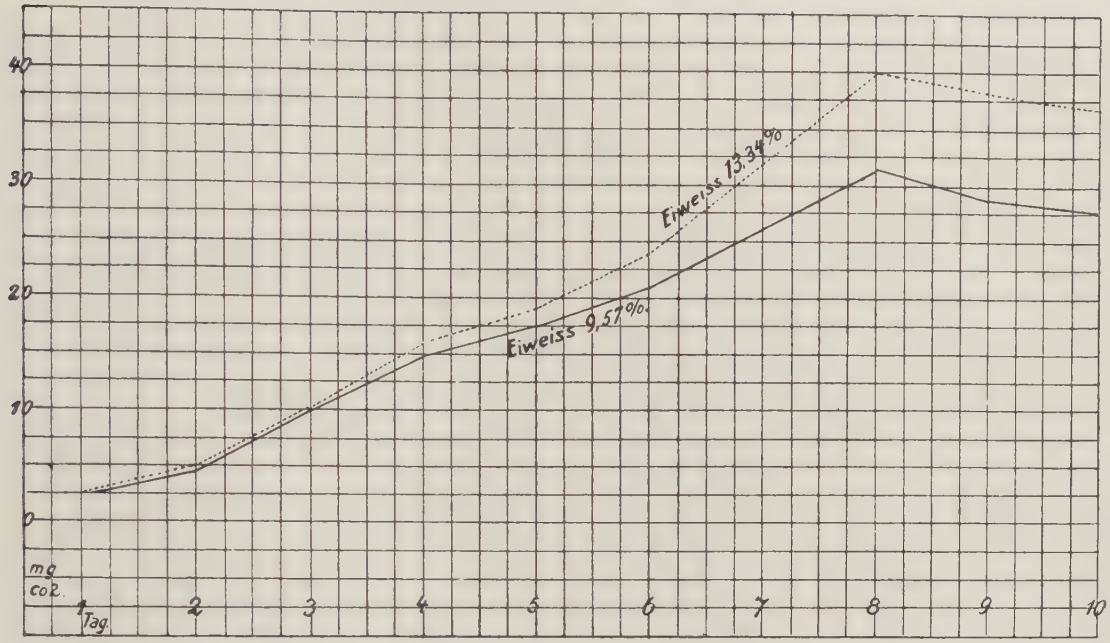
Tausendkorngewicht	niedrig: 31,7			hoch: 43,1			Bemerkungen
Eiweiß	9,57	13,34		9,58	12,09		
I. Weichtag . . . 1	2,4[2])	2,5	—	2,3	2,4	—	1) Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet
II. Weichtag . . . 2	4,3	4,6	—	4,4	4,5	—	
III. Weichtag . . . 3	9,8	9,8	—	9,0	9,6	—	2) Atmungszahlen = CO_2 und pro 1 Std. in mg.
1. Keimtag 4	14,6	16,0	1,4	11,7	12,9	1,2	
2. Keimtag 5	17,2	18,9	1,7	14,6	16,2	1,6	3) Temperatur 12°.
3. Keimtag 6	20,7	24,0	3,3	17,1	20,0	2,9	4) Luftzufuhr 1 Liter pro Stunde.
4. Keimtag 7	—	—	—	—	—	—	
5. Keimtag 8	31,3	39,5	8,2	24,8	31,1	6,3	5) Gerste steril.
6. Keimtag 9	28,8	38,2	9,4	21,7	29,0	8,7	
7. Keimtag 10	27,9	36,6	8,7	21,2	28,3	7,1	

Tabelle IV.

Gersten mit gleichem Eiweißgehalt.

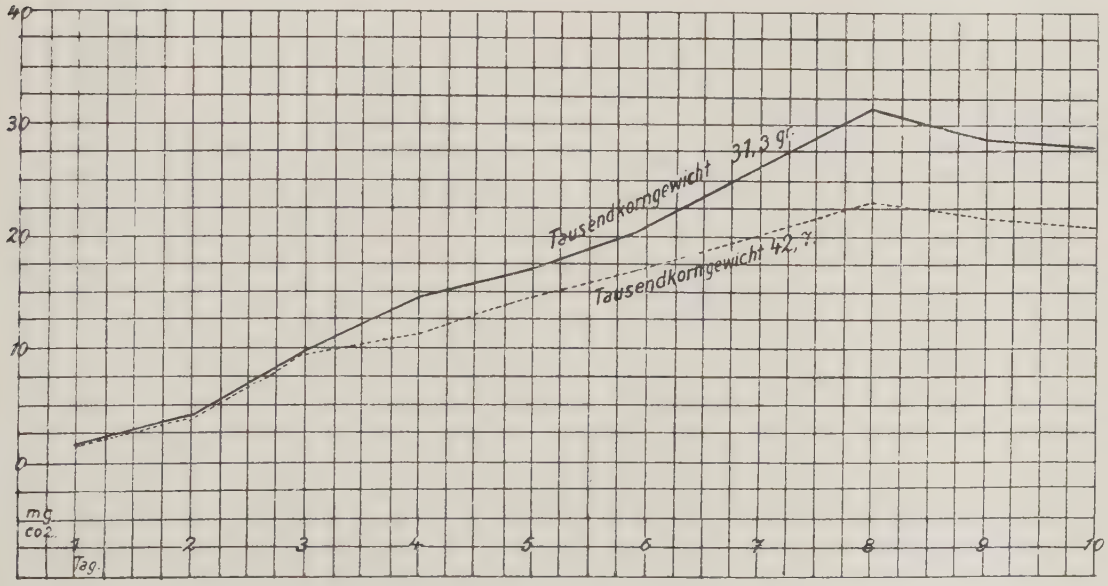
Eiweiß	niedrig: 9,57			hoch: 13,22			Bemerkungen
Tausendkorngewicht[1])	31,3	42,7		32,1	43,6		
I. Weichtag . . . 1	2,4	2,3	—	2,5	2,4	—	1) Tausendkorngewicht auf Trockensubstanz berechnet.
II. Weichtag . . . 2	4,3	4,4	—	4,6	4,5	—	
III. Weichtag . . . 3	9,8	9,0	—	9,8	9,6	—	2) Atmungszahlen = CO_2 in mg und pro 1 Stunde.
1. Keimtag 4	14,6	11,7	2,9	16	12,9	3,1	
2. Keimtag 5	17,2	14,6	2,6	18,9	16,2	2,7	3) Temperatur 12°.
3. Keimtag 6	20,7	17,1	3,6	24	20	4,0	4) Luftzufuhr 1 Liter pro Stunde.
4. Keimtag 7	—	—	—	—	—	—	
5. Keimtag 8	31,3	24,8	6,5	39,5	31,1	8,4	5) Gerste steril.
6. Keimtag 9	28,8	21,8	7	38,2	29	9,2	
7. Keimtag 10	27,9	21,2	6,7	36,6	28,3	8,3	

Tab. I.



Atmungskurve der Gerste bei gleichem Tausendkorngewicht.

Tab. II.



Atmungskurve der Gerste bei gleichem Eiweißgehalt.

Literatur.

1. A. v. Wolkoff und A. Mayer, Beiträge zur Lehre über die Atmung der Pflanzen. Landw. Jahrb. 1874.
2. A. Mayer, Über den Verlauf der Atmung bei keimenden Weizen. Landw. Versuchsstation 1875.
3. A. Mayer, Abhängigkeit der Pflanzenatmung von der Temperatur. Landw. Versuchsstation 1876.
4. L. Rischawi, Einige Versuche über die Atmung der Pflanzen. Landw. Versuchsstation 1876.
5. E. Godlewski, Beiträge zur Pflanzenatmung. Pringsheims Jahrb. 1882.
6. H. Möller, Über die Pflanzenatmung. Landw. Jahrb. 1874.
7. W. Johannsen, Über den Einfluß hoher O-Spannung auf die CO_2-Ausscheidung einiger Keimpflanzen. Untersuchungen aus dem Botan. Institut zu Tübingen 1885.
8. U. Kreußler, Über eine Methode zur Beobachtung der Assimiliaton und Atmung der Pflanzen und über die Vorgänge beeinflussende Momente. Landw. Jahrb. 1885.
9. Palladin, Über die Bedeutung der Kohlehydrate für intramolekulare Atmung. Mitt. der Univ. Charkow 1893. Bot. Zentralbl. 1894.
10. K. Purjewicz, Über die Wirkung des Lichts auf den Atmungsprozeß bei Pflanzen. Bot. Zentralbl., Bd. 47: Schriften der Naturforsch. Gesellsch. in Kiel.
11. Palladin, Die Abhängigkeit der Pflanzenatmung von der Menge der in ihnen befindlichen Eiweißstoffe. Mitt. der Univ. Charkow. Bot. Zentralbl. 1896.
12. Palladin, Veränderung der Atmung der Pflanzen infolge Temperaturwechsels. Compt. rend. 1899.
13. N. Prianischnikow, Eiweißzerfall und Atmung in ihren gegenseitigen Verhältnissen. Landw. Versuchsstation 1899.
14. K. Purjewicz, Physiologische Untersuchungen über die Pflanzenatmung. Jahrb. für wissenschaftl. Botanik 1900.
15. K. Purjewicz, Einfluß der Temperatur auf die Atmung. Ann. sciences nat. Bot. 1903.
16. A. Nabokich, Über den Einfluß der Sterilisation der Samen auf die Atmung. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. 21.
17. C. Barnes, Die Theorie der Atmung. Vortrag in Philadelphia in der Bot. Gesellschaft, 1904.
18. Palladin, Über das Wesen der Pflanzenatmung. Biochem. Zeitschr. 1909.
19. Ernest Stoklasa und Chocensky, Über die glykolytischen Enzyme im Pflanzenorganismus. Zeitschrift für physiologische Chemie 1907.

Der experimentelle Teil der vorliegenden Arbeit wurde in der Zeit vom 1. März 1908 bis 1. Mai 1909 im Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin ausgeführt.

Herrn Geheimrat Professor Dr. M. Delbrück, welcher mir Anregung zu dieser Arbeit gab, erlaube ich mir für das wohlwollende Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat, an dieser Stelle meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Zu besonderem Dank fühle ich mich Herrn Prof. Dr. J. F. Hoffmann verpflichtet für die bereitwillige Anleitung, die er mir bei meiner Arbeit stets zuteil werden ließ.

Lebenslauf.

Ich, Boris Abrahamsohn, mosaischer Konfession, bin am 20. März 1883 alt. St., als Sohn des Brauereibesitzers Julius Abrahamsohn zu Witebsk geboren.

Meine Vorbildung erlangte ich im Petrikauer Gymnasium, wo ich Ostern 1903 das Reifezeugnis erwarb.

Michaelis 1903 ließ ich mich an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin immatrikulieren und widmete mich speziell dem Studium der Chemie. Meine Vorprüfung legte ich am 8. März 1909 im I. Chemischen Institut der Universität ab.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Professoren und Dozenten:

Blasius, Büchner, Brückner, Claisen, Emmerling, E. Fischer, F. Fischer, Friedenthal, Gabriel, van t'Hoff, Jahn, Koblank, Lasson, Martens, Nernst, Neuberg, Riel, Warburg, Wichelhaus, Wirchow, Wagner.

Allen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich meinen ergebensten Dank aus.